

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA DZIERVA

EFEITOS DA AMILASE E DO TAMANHO DE PARTICULAS DO MILHO
SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES

CURITIBA

2021

LETÍCIA DZIERVA

EFEITOS DA AMILASE E DO TAMANHO DE PARTICULAS DO MILHO SOBRE
O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES

Dissertação apresentada como requisito
à obtenção de grau de Mestre em
Nutrição e Produção de Não
Ruminantes e Animais de Companhia
no curso de Pós Graduação em
Zootecnia no Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná.
Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

CURITIBA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Dzierva, Letícia

Efeitos da amilase e do tamanho de partículas do milho sobre o desempenho e digestibilidade da dieta em leitões. / Letícia Dzierva. - Curitiba, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Orientação: Alex Maiorka.

1. Leitão (Suíno) - Nutrição. 2. Enzimas - Metabolismo. 3. Digestão. I. Maiorka, Alex. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001010002P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de LETÍCIA DZIERVA intitulada: **EFEITOS DA AMILASE E DO TAMANHO DE PARTICULAS DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES**, sob orientação do Prof. Dr. ALEX MAIORKA, que após terem inquirido a autora e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 31 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica

06/05/2021 18:53:55.0

ALEX MAIORKA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

07/05/2021 06:57:21.0

FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

06/05/2021 16:16:58.0

ANANDA PORTELLA FÉLIX

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5861 - E-mail: ppgp@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal [Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015](#).
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 90916

Para autenticar este documento eletronicamente, acesse <http://www.pppg.ufpr.br/siga/validar/autenticarassinaturas.jsp> e insira o código 90916

AGRADECIMENTOS

À minha família, pela educação, amor e apoio que foram fundamentais nessa caminhada.

Ao meu namorado, Felipe, pelo apoio, carinho, companheirismo, amizade e principalmente, por ser minha boia no meio do oceano.

Ao meu orientador Alex Maiorka, pela paciência, ensinamentos e oportunidades.

Aos professores Ananda Portella Félix, Antônio João Scandolera e Simone Gisele de Oliveira, por todo conhecimento e auxílio.

Aos integrantes do LEPNAN, Paulo, Filipe, Francielle, Katiucia, Thiago, Vitor, Lucas, Isabella Camilla, Geovani, Ana, Gabriela, Josieder e Rosiane, por toda ajuda e companheirismo. Em especial aos amigos Leopoldo, Marley e Kariny, obrigada pela amizade, conversas, conselhos e ensinamentos.

Aos colaboradores do LNA, em especial à Cleusa, Aldo e Hair, pelo auxílio nas análises.

Aos amigos que a Twitch me proporcionou durante a pandemia, pelas conversas, conselhos e parceria.

À Capes e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade.

A todos que me ajudaram de alguma forma neste caminho e que me ajudaram a me tornar quem sou hoje, muito obrigada!

*“Embora ninguém possa voltar atrás e
fazer um novo começo, qualquer um
tem o direito de fazer mudanças,
recomeçar, e, fazer um novo fim.”*

(Chico Xavier)

RESUMO

O leitão ao ser desmamado precocemente ainda não apresenta o trato gastrointestinal totalmente desenvolvido, podendo acarretar problemas no seu desenvolvimento. Sabendo que a redução de partícula da dieta e a adição de enzimas exógenas têm se mostrado positivo para suínos em fase de crescimento e terminação, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do tamanho médio da partícula da dieta, da inclusão de amilase e possível interação entre os dois fatores sobre a digestibilidade da dieta e o desempenho de leitões em fase de creche. Foram utilizados 352 leitões machos não castrados com idade, criados de 28 a 63 dias de idade, distribuídos em blocos ao acaso considerando o peso inicial como fator de blocagem. As dietas foram divididas em duas fases, pré-inicial e inicial (dos 28 aos 42 dias e dos 43 aos 63 dias de idade respectivamente). Os tratamentos foram formados utilizando-se um esquema fatorial 2x2, sendo dois tamanhos médios de partícula da ração e a inclusão ou não de 80 KNU/kg de enzima amilase. O milho foi moído a fim de proporcionar a diminuição ou aumento do desvio geométrico médio (DGM) da ração para obtenção dos dois DGMs testados: 339/588 μm e 696/920 μm (Valores referentes às fases pré-inicial e inicial respectivamente). Todas as rações foram peletizadas e fornecidas à vontade. As variáveis analisadas foram: Consumo diário de ração (CDR), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA). Avaliou-se, também coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). Não houve interação entre o DGM da ração e o uso da amilase em nenhum dos períodos avaliados ($P>0,05$). Os animais que consumiram dietas com granulometria de 696 μm na fase pré-inicial e 920 μm na fase inicial tiveram melhor desempenho na fase de creche, assim como os animais que consumiram dietas com suplementação de 133g/ton de amilase. Nas condições do atual estudo, granulometrias de 696 μm na fase pré-inicial e 920 μm na fase inicial favorecem o desempenho dos animais e a digestibilidade da ração, assim como o uso de 80 KNU/kg de amilase nas dietas de suínos em fase de creche.

Palavras-chave: DGM, enzimas, nutrição suína.

ABSTRACT

When a piglet is weaned early, it still does not have a fully developed gastrointestinal tract, which can lead to problems in its development. Knowing that the reduction of diet particle and the addition of exogenous enzymes have been shown to be positive for growing and finishing pigs, the aim of this study was to evaluate the effect of the diets average particle size, the inclusion of amylase and possible interaction between the two factors on the diets digestibility and the performance of piglets in the nursery phase. 352 non-castrated male piglets aged from 28 to 63 days of age were used, distributed at random blocks considering the initial weight as a blocking factor. The diets were divided into two phases, pre-initial and initial (28 to 42 days and 43 to 63 days of age respectively). The treatments were formed using a 2x2 factorial scheme, with the diet having two average particle sizes and the inclusion or not of 80 KNU / kg of amylase enzyme. Corn was ground in order to provide a decrease or increase in the rations average geometric deviation (DGM) to obtain the two tested DGMs: 339/588 μm and 696/920 μm (Values referring to the pre-initial and initial phases, respectively). All rations were pelleted and supplied at will. The variables analyzed were: Daily feed consumption (CDR), average daily weight gain (GPD) and feed conversion (AC). Apparent digestibility coefficients for dry matter (DM), crude protein (PB) and ether extract (EE) were also evaluated. There was no interaction between the feeds DGM and the amylase use in any of the evaluated periods ($P > 0.05$). The animals that consumed the 696 μm granulometry diet in the pre-initial phase and 920 μm in the initial phase had better performance in the nursery phase, as well as the animals that consumed diets with 133g / ton of amylase supplementation. Under the conditions of the current study, grain sizes of 696 μm in the pre-initial phase and 920 μm in the initial phase favor the performance of the animals and the feeds digestibility, as well as the use of 80 KNU / kg amylase in the nursery pigs.

Keywords: DGM, enzymes, swine nutrition.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – EFEITOS DA AMILASE E DA GRANULOMETRIA DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES EM FASE DE CRECHE. 28

Tabela 1 - Composição e formulação das dietas experimentais (g/kg). . 36

Tabela 2 – Desvio geométrico médio (DGM), desvio padrão geométrico (DPG), índice de durabilidade de peletes (PDI) e porcentagem de finos das rações de acordo com a peneira utilizada para moagem do milho..... 39

Tabela 3 - Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos na fase pré-inicial (28 aos 42 dias de idade), inicial (42 aos 63 dias de idade) e no período total de creche, alimentados com dietas peletizadas de diferentes granulometrias (DGM) e adição ou não de amilase (AMI). 41

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA; %) da matéria seca (MS) proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia digestível (ED) de suínos consumindo dieta inicial (42 aos 63 dias de idade) com diferentes granulometrias da dieta (DGM) e adição ou não de amilase (AMI). 42

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

® - Copyright

α – Alfa

β – Beta

°C – Graus celsius

% - Porcentagem

> - Maior que

< - Menor que

μm – Micrometro

AR – Amido resistente

CA – Conversão alimentar

CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente

CDR – Consumo diário de ração

CEUA – Comissão de ética no uso de animais

CIA – Cinza insolúvel em ácido

CONCEA – Conselho nacional de controle de experimentação animal

CV – Cavalos de força

DPG – Desvio padrão geométrico

FI – Fator de indigestibilidade

g – Gramas

g/ton – Gramas por tonelada

GPD – Ganho de peso diário

kcal – Quilocaloria

kg – Quilograma

kgf/cm² – Quilograma força por centímetro quadrado

KNU/kg - unidades de Kilo Novo por quilograma

MS – Matéria seca

m² – Metros quadrados

mm – Milímetros

DGM – Desvio geométrico médio

ED – Energia digestível

EE – Extrato etéreo

PB – Proteína bruta

PDI – Índice de durabilidade dos peletes

PNA – Polissacarídeos não amiláceos

RPM – rotações por minuto

TGI – Trato gastrointestinal

UFPR – Universidade federal do paraná

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
	CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.	SUINOCULTURA – FASE DE CRECHE	14
2.1	O SUÍNO EM FASE DE CRECHE	14
2.2	NUTRIÇÃO DE SUÍNOS NA FASE DE CRECHE	15
2.2.1	Milho	16
2.2.1.1	Amido do milho: principal componente energético	17
2.2.2	Tamanho de partícula	18
2.2.3	Peletização	19
2.2.4	Uso de enzimas exógenas na nutrição animal	20
2.2.4.1	Aamilase	21
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
	REFERÊNCIAS	23
	CAPÍTULO II – EFEITOS DA AMILASE E DA GRANULOMETRIA DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES EM FASE DE CRECHE	30
1.	INTRODUÇÃO	34
2.	MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1.	ANIMAIS E ALOJAMENTO	36
2.2.	DIETAS EXPERIMENTAIS	36
2.3.	DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E DIGESTIBILIDADE	39
2.4.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.	40
3.	RESULTADOS	41
4.	DISCUSSÃO	42
5.	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXO 1 - ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ZOOTECNIA	51

1. INTRODUÇÃO

A alimentação pode ultrapassar 70% dos custos produtivos da suinocultura (Embrapa, 2019), tendo alto impacto no preço final do suíno. Assim, o aproveitamento da dieta pelo animal deve ser o máximo possível. Algumas formas de potencializar o aproveitamento da dieta utilizada pela indústria são a redução de seu DGM e o uso de enzimas exógenas.

A redução do tamanho da partícula dos alimentos tende a favorecer o aproveitamento das frações da dieta, pois ao aumentar a superfície de contato do alimento, os nutrientes se tornam mais expostos à ação enzimática, melhorando a digestibilidade (Wondra et al., 1995) e, consequentemente, o desempenho do animal (Healy et al. 1991).

O suíno ao ser desmamado precocemente, tem o trato gastrointestinal ainda em desenvolvimento, tendo produção insuficiente de enzimas para digestão de uma dieta de origem vegetal (Freitas, 2011). Neste cenário, se torna interessante a adição de enzimas exógenas à dieta, com a finalidade de complementar quantitativamente as enzimas endógenas do animal (Campestrini et al. 2005). A amilase pancreática, por exemplo, é produzida em pequena quantidade nas primeiras semanas de vida do leitão (Delmaschio 2018), isto se torna um problema tendo em vista que o amido está presente em grande quantidade na dieta de suínos, mas pode ser contornado com a adição de amilase exógena na alimentação desses animais, principalmente no período de creche. Apesar dos benefícios do uso de enzima exógena amilase em rações de suínos ser conhecida, sua ação em dietas de diferentes granulometrias não está totalmente elucidada. e a redução de partícula pode trazer aos leitões, sua prática associada a adição de enzimas exógenas não está totalmente elucidada.

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito e interação do diâmetro geométrico médio (DGM) da dieta com a α -amilase, sobre o desempenho e digestibilidade da dieta em leitões dos 28 aos 63 dias de idade.

CAPÍTULO I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. SUINOCULTURA – FASE DE CRECHE

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne suína, tendo produzido cerca de 4 milhões de toneladas no ano de 2020, e com perspectiva de crescimento podendo chegar em 4,4 milhões de toneladas em 2021. Com números tão expressivos, para atingir resultados econômicos há a busca por avanço e uso de práticas voltadas para a maior produtividade

Uma prática usada para aumentar a produtividade do plantel é a redução do intervalo entre partos das matrizes suínas (Moita et al. 1994). Para atingir este objetivo, o desmame comercial é feito entre os 21 e 28 dias de idade do leitão, enquanto que na natureza, estes leitões seriam amamentados até cerca de 70 dias de vida. Devido à precocidade do desmame, as primeiras semanas de creche são um período crítico para estes animais, com mudança ambiental (transferência da maternidade para creche), social (separação da mãe e mistura de leitegadas) e nutricional (mudança de dieta), podendo ocasionar ingestão reduzida de alimento, dentre outros problemas (Heo et al., 2012).

O suíno submetido ao estresse do desmame pode desenvolver síndrome de falha de desenvolvimento pós-desmame, com sintomas de anorexia, perda de condição corporal e letargia até a segunda semana pós-desmame (Huang, Gauvreau e Harding, 2012). As primeiras semanas de creche merecem uma atenção especial, pois podem prejudicar o desenvolvimento do animal nas fases subsequentes. Sabendo disso, é preciso entender as limitações do suíno em fase de creche.

2.1 O SUÍNO EM FASE DE CRECHE

Na fase de creche o leitão é transferido da baia de maternidade, onde convive com seus irmãos e mãe, para uma baia coletiva onde as leitegadas são misturadas e há o estabelecimento de uma nova hierarquia social. A imaturidade do trato gastrointestinal (TGI) dos leitões (Cromwell, 1989), a capacidade limitada do estômago e intestino delgado e a insuficiência de produção de enzimas digestivas, limitam a digestão e absorção dos nutrientes (Molly, 2001). Com o estresse do desmame, ocorre comprometimento da capacidade digestiva

do animal (Piovesan et al. 2011), promove algumas alterações morfológicas e fisiológicas no TGI, resultando em comprometimento do desempenho dos suínos.

Algumas alterações na morfologia do TGI que acontecem nesse período são a redução do tamanho de vilo e aumento da profundidade de cripta (Dong e Pluske, 2007), que pode comprometer a absorção dos nutrientes (Molly, 2001) e diminuir a atividade enzimática (Vente Spreeuwenberg et al., 2003), resultando em prejuízo no desempenho dos suínos recém desmamados (Trindade Neto et al., 2002; Dong e Pluske, 2007). Em estudo de Vente Spreeuwenberg et al., (2003) foi relatado que existe também uma relação positiva entre a ingestão de ração, a altura das vilosidades e a relação vilosidade/cripta. Tais alterações podem ocorrer devido à redução na quantidade de alimento ingerido, pois exclusão dos nutrientes do lúmen resulta na atrofia das vilosidades e redução na taxa de produção de células criptográficas. (Pluske et al., 1997).

Outra questão que pode afetar o desempenho dos suínos em creche é a baixa produção de enzimas digestivas. Quando são desmamados o alimento consumido muda e o animal passa a receber um alimento seco (ração) em substituição a um alimento líquido (leite) com composições bem distintas. Devido ao sistema enzimático dos leitões estar adaptado à digestão dos componentes do leite (Chamone et al. 2010), e a produção enzimática ser dependente da presença do substrato (Delmaschio, 2005), o animal normalmente não está apto e tem pouca eficiência para digerir os nutrientes provenientes de uma dieta de origem vegetal, sendo necessários alguns dias para que possam se adaptar à produção de algumas enzimas.

Sabendo que as mudanças ambientais e sociais são inevitáveis, podemos melhorar as condições nutricionais para favorecer o desenvolvimento do leitão desmamado.

2.2 NUTRIÇÃO DE SUÍNOS NA FASE DE CRECHE

Algumas práticas vêm sendo adotadas a fim de prevenir e controlar possíveis problemas causados na fase de creche. A alimentação que os leitões recebem durante a amamentação é altamente digestível e rica em gordura, lactose (carboidrato) e caseína (proteína), favorecendo o desenvolvimento dos lactentes (Santos, Mascarenhas e Oliveira, 2016). Quando ocorre a substituição

por um alimento seco (ração) os leitões não estão preparados para digerir os componentes da dieta de origem vegetal, sendo assim é necessário investir no uso de ingredientes altamente digestivos, considerando as limitações de desenvolvimento dos leitões.

Normalmente para a nutrição de suínos são usados legumes, sementes e grãos, com destaque para o milho e o farelo de soja (Delmaschio, 2018), que a principal fonte de carboidrato é o amido. Entretanto, os leitões têm baixa produção de amilase pancreática nas primeiras semanas de vida (Delmaschio, 2018), o que compromete o potencial de digestão destes alimentos (Piovesan et al. 2011).

Para melhorar a disponibilidade dos ingredientes, a indústria utiliza um conjunto de práticas que visa alterar o ingrediente, a fim de potencializar seu uso melhorando o desempenho do animal e diminuindo os custos de produção (Lancheros, Espinosa e Stein, 2020). Na nutrição animal comumente é usado a moagem, peletização e extrusão. A redução de partícula proporciona uniformidade da ração e melhora na digestibilidade dos nutrientes (Montoya e Leterme, 2011). A Peletização consiste na combinação de umidade, pressão e temperatura, promovendo união das partículas da ração, formando os peletes, reduzindo desperdícios (Hancock e Behnke, 2001). Assim como a peletização, a extrusão utiliza a umidade, pressão e temperatura para unir as partículas da ração (Riaz, 2020), porém é mais utilizado para alimentos pet.

Sendo o milho o principal cereal produzido no Brasil, o ingrediente adicionado em maior quantidade na ração e os processamentos mais utilizados para suínos serem a redução de partícula e a peletização é importante entendê-los melhor.

2.2.1 MILHO

Cerca de 83% do grão de milho seco corresponde ao endosperma, tendo este cerca de 88% de amido e 8% de proteínas de reserva em sua composição (Paes, 2006). O grão do milho tem três principais estruturas, são elas: o endosperma, gérmen e pericarpo. O gérmen representa cerca de 11% do grão, tendo cerca de 88% dos lipídios e 78% dos minerais do grão, já o pericarpo é composto principalmente por fibras (Carvalho e Nakagawa, 2000).

O milho é um cereal com valor nutricional não constante. Sua composição pode variar quanto a: Teor de amido, óleos, proteínas, fatores antinutricionais (como fitato e inibidores de enzimas), amido resistente e PNA. O amido sendo o principal composto do milho, devemos entendê-lo melhor.

2.2.1.1 AMIDO DO MILHO: PRINCIPAL COMPONENTE ENERGÉTICO

O amido é um polissacarídeo, formado por polímeros de glicose conhecidos como amilose e amilopectina. Os polímeros podem ser formados por ligações do tipo $\alpha 1,4$, formando uma cadeia linear de glicose denominada de amilose que compõe cerca de 20 a 30% da molécula de amido. A amilopectina além das ligações $\alpha 1,4$, também apresenta ligações do tipo $\alpha 1,6$, e corresponde de 70 a 80% do grânulo do amido.

A amilose, devido à sua cadeia linear, tem maior facilidade de formação de estruturas secundárias, como a dupla-hélice, por meio da formação de pontes de hidrogênio, sendo mais resistentes à digestão enzimática (Búrléon et al., 1998; Englyst, 2005). Por outro lado, a amilopectina apresenta uma estrutura mais ramificada, tendo maior espaçamento entre as moléculas, facilitando a entrada de água e a hidrólise pelas enzimas digestivas (Silva, 2018).

Apesar de ambos os polímeros terem potencial para serem hidrolisados pelas enzimas digestivas endógenas (Englyst e Hudson, 1996), a proporção de amilose e amilopectina no grânulo pode interferir na digestibilidade do amido.

O grânulo do amido é formado por complexos e grandes estruturas com regiões amorfas e cristalinas alternadas. A região amorfa é formada principalmente pela porção ramificada da amilopectina, enquanto a porção cristalina é formada pela porção linear da amilopectina e da amilose (Svihus, 2014). Quanto maior a proporção de amilose no grânulo, mais regiões cristalinas, dificultando a ação de enzimas digestivas.

O amido pode ser classificado como amido glicêmico e amido resistente (AR). O amido glicêmico é categorizado em amido rapidamente digestível, que é hidrolisado em glicose dentro de 20 minutos, e amido lentamente digestível, hidrolisado em glicose dentro de 110 minutos (Englyst et al., 1992; Yue e Waring, 1998). O AR é resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas no intestino delgado, sendo fermentado no intestino grosso (Yue e Waring, 1998), e é classificado como tipo 1, 2 e 3. O AR1 é fisicamente inacessível, onde a forma

física impede o acesso da amilase pancreática, diminuindo a digestão (Englyst et al., 1992). O AR2 é o amido, que apresenta características intrínsecas da estrutura cristalina do grânulo que pode diminuir a digestibilidade (Lobo e Lemos Silva, 2003).

Quando o alimento passa por processamento e é submetido à ação de calor e umidade, o grânulo do amido incha de forma irreversível em um processo denominado gelatinização, causando a perda da sua organização estrutural (Denardin e Silva, 2009). O AR3 é formado quando o grânulo que sofreu gelatinização é resfriado podendo formar estruturas parcialmente cristalinas e resistentes (Englyst et al., 1992) processo chamado de retrogradação (Denardin e Silva, 2009).

A fim de melhorar o aproveitamento dos ingredientes e qualidade da ração a indústria usa algumas técnicas de processamento como a peletização e a moagem.

2.2.2 TAMANHO DE PARTÍCULA.

A moagem tem como finalidade a redução do tamanho da partícula do ingrediente, aumentando a superfície de contato do alimento e tornando os nutrientes mais expostos à ação enzimática. Como resultado há aumento na digestibilidade dos nutrientes e melhora no desempenho de suínos (Rojas e Stein, 2015). Esse processo também favorece a penetração de calor e umidade durante a peletização (California pellet mill co., 2012), a uniformidade da mistura dos ingredientes e melhora a qualidade de pelete (Waldroup, 1997). Apesar dos efeitos nutricionais positivos, a redução intensa das partículas do alimento aumenta o custo de produção com moagem. A granulometria define o consumo de energia do moinho e seu rendimento (Zanotto e Bellaver, 1996), quanto menor o diâmetro geométrico médio (DGM) maior o custo com energia e menor o rendimento do moinho. Partículas mais finas também podem reduzir a palatabilidade do alimento e aumentar a produção de pó (Esminger, 1985) além de causar alterações no trato gastrointestinal.

A redução do DGM da ração pode melhorar a digestibilidade do alimento (Nemechek et al., 2016; Vukmirović et al., 2017). No estudo de Wondra et al. (1995) ao reduzir o DGM de 1000 µm para 400 µm para suínos em fase de terminação houve melhora da digestibilidade da energia bruta em dietas

1 peletizadas, porém, para dietas fareladas só houve aumento na digestibilidade
2 em dietas com redução de 800 µm para 400 µm, atribuindo o efeito à
3 gelatinização do amido que ocorreu no processo de peletização.

4 No estudo de Almeida et al. (2020), ao testar o DGM da ração peletizada
5 para suínos em fase de creche, foi encontrado que a redução do tamanho de
6 partícula de 943 µm para 587 µm, aumentou a digestibilidade da matéria seca e
7 do extrato etéreo, e encontraram correlação entre o DGM e a energia digestível
8 (ED), sendo que a redução do DGM aumentou a ED.

9 O tamanho de partícula também pode melhorar o desempenho dos
10 animais (Vukmirović, et al. 2017). DGMs inferiores a 400 µm proporcionam
11 diminuição no consumo diário de ração e aumento na eficiência alimentar para
12 suínos em fase de terminação, porém o efeito não é observado em dietas
13 peletizadas (Wondra et al., 1995; Nemecek et al., 2016). Nemecek et al. (2016)
14 ao testarem a forma física da dieta e o tamanho de partícula para suínos em
15 terminação, observaram interação entre o consumo de ração diário e a eficiência
16 alimentar em dietas com redução de partícula (650 µm para 350 µm), atribuído
17 à diminuição da palatabilidade em dietas com DGM mais fino.

18 Granulometrias muito finas (≤ 400 µm) podem afetar a saúde do trato
19 gastrointestinal (TGI) dos leitões e causar lesões gástricas (Wondra et al., 1995;
20 Cappai et al., 2013; Vukmirović, et al. 2017). Wondra et al. (1995) sugerem que
21 estas lesões podem ser associadas à redução do tempo de retenção da dieta no
22 TGI, que aumenta a concentração de pepsina e ácidos digestivos, que continuam
23 em contato com a mucosa desprotegida do estomago. Outro possível efeito
24 indesejado é a redução da secreção de enzimas endógenas (Vukmirović et al.,
25 2017) reduzindo sua atividade (Lyu et al. 2020).

26 Para Wondra et al. (1995), considerando os efeitos na digestibilidade,
27 desempenho e integridade do TGI, granulometrias de 600 µm, ou ligeiramente
28 inferiores, seriam ideais para dietas a base de milho para suínos em terminação.
29 Para suínos em crescimento, os resultados são parecidos, sendo recomendado
30 DGM em torno de 618 µm (Lyu et al., 2020). Para suínos em fase de creche,
31 consumindo uma dieta peletizada, o DGM ideal é entre 500 µm e 600 µm (Healy
32 et al., 1991; Almeida et al., 2020).

33 34 **2.2.3 PELETIZAÇÃO**

A redução do tamanho de partícula favorece a peletização e melhora a qualidade do pelete, segundo estudo de Wondra et al (1995), ao reduzir a partícula do milho de 1000 μm para 400 μm aumentou a durabilidade do pelete de 78,8% para 86,4%, atribuindo a maior área de superfície para o condicionamento da dieta.

Conceitualmente, peletização é o processo de misturar os ingredientes da ração combinando umidade entre 12 e 18%, pressão, e temperaturas entre 60 e 100 °C (Hancock, 1992). A peletização tem efeitos benéficos na uniformidade da ração, melhora palatabilidade, reduz a produção de pó, modifica a estrutura do amido e de proteínas (De Jong et al., 2016), reduz o desperdício e melhora a digestão pelo animal e seu desempenho (Nemechek et al., 2015).

2.2.4 USO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA NUTRIÇÃO ANIMAL

A maioria das enzimas são proteínas globulares com estrutura terciária ou quaternária com propriedade biocatalisadora (Freitas et al. 2011). Têm função de acelerar a reação e reagem apenas com substrato específico, tendo sua ação afetada pela concentração de substrato disponível (Lehninger et al. 2014).

Existem duas categorias de enzimas: enzimas empregadas para complementar quantitativamente as enzimas digestivas do próprio animal (proteases, lipases e amilases) e enzimas que não são sintetizadas pelo organismo dos animais (fitases, pentosanas etc.), (Campestrini et al. 2005).

Schramm et al. (2017) observaram aumento de 6% na digestibilidade de amido em frangos de corte ao acrescentar alfa-amilase na dieta, e Stefanello (2016) relatou que frangos de corte tiveram aumento de 70kcal/kg no aproveitamento energético da dieta, quando adicionado amilase exógena nas dietas. De acordo com Sitanaka et. al. (2018) a utilização de complexos enzimáticos (α -amilase, β -glucanase, fitase, celulase, xylanase e protease) para suínos em crescimento e terminação se justifica, pois melhora a CA e é mais eficiente economicamente na fase de crescimento (dos 90 aos 118 dias).

Porém, para leitões em fase de creche, não foi observado o mesmo efeito no estudo de Nery et al. (2000), em que a inclusão de complexo enzimático não teve efeito no desempenho dos animais, resultado atribuído pelos autores à inclusão insuficiente de enzimas na ração.

2.2.4.1 AMILASE

Amilase é o nome dado às enzimas que têm ação de hidrolisar amido, e mesmo sendo enzimas que é secretada pelos animais (Tester et al., 2004), é possível suplementar amilase exógena com finalidade de complementar a ação das enzimas endógenas.

Uma das enzimas estudadas é a alfa-1,6 isoamilase, que tem como função a hidrolise das ligações α -1,6 do grânulo de amido. Porém seu uso é controverso, enquanto estudos apontam efeito positivo em seu uso na digestibilidade e desempenho para frangos (Huang et al. 2014), outros apontam não ter efeito benéfico (Yang et al. 2017).

Já a alfa-amilase apresenta como função a quebra das ligações α 1-4 dos grânulos de amido, fragmentando-os em estruturas menores (Silva, 2018). É a mais empregada na alimentação animal, pois diversos estudos têm mostrado efeitos benéficos no uso de alfa-amilase isolada, como aumento na digestibilidade da matéria orgânica e do amido (Stefanello et al., 2015; Amerah et al., 2017).

Outro benefício que pode ocorrer com a suplementação enzimática, é o aumento na secreção de enzimas endógenas (Yuan et al., 2017) o que não é corroborado por Jiang et al. (2008), que afirmam que o uso da amilase exógena reduz a secreção de amilase endógena.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os desafios que o desmame traz aos leitões, devido a imaturidade do TGI que causa mudanças morfológicas e insuficiência na produção enzimática nas primeiras semanas de creche.

A redução do tamanho de partícula é uma prática viável para auxílio na digestibilidade e desempenho dos suínos. Entretanto grande parte dos estudos é voltado para seu uso em suínos em fase de crescimento e terminação.

Quanto a adição de enzimas exógenas, é viável seu uso afim de suplementar as enzimas endógenas, auxiliando sua ação. Porém, a maioria dos estudos que testaram o uso de enzimas nas rações, avaliou o emprego de *blends* enzimáticos e poucos são os estudos que testaram amilase para suínos na fase de creche.

- 1 Para elucidar o DGM ideal da ração e o uso de amilase é preciso de mais
- 2 estudos voltados para a fase de creche.
- 3

REFERÊNCIAS

- Adeola, O.; A. J. Cowieson. **Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non-ruminant animal production.** Journal of Animal Science. v. 89, p.3189–3218. 2011.
- Almeida, L. M.; Zavelinski, V. A. B.; Sonálio, K. C.; Silva, K. F.; Muramatsu, K.; Maiorka, A. **Effect of feed particle size in pelleted diets on growth performance and digestibility of weaning piglets.** Livestock Science. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104364>
- Amerah, A.M. et al. **Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets.** Poultry Science v.96, p.807–816. 2017.
- Bertechini, A.G. **Nutrição de Monogástricos.** Editora UFLA/FAEPE, Lavras 450p, broilers. Poultry Science v.86, p.77-86. 2004.
- Buleon, A., et al. **Starch granules: structure and biosynthesis.** International Journal of Biological Macromolecules. V.23, p.85–112. 1998.
- California pellet mill co. **The pelleting process.** (2012) Disponível em: <http://ww1.prweb.com/prfiles/2012/01/09/9090113/Animal%20Feed%20Pelleting.PDF>> Acesso em: 01/02/2021.
- Campestrini, E.; Silva, V.T.M; Appelt, M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal.** Revista Eletrônica Nutritime v.2, p.254-26. 2005
- Cappai, M.G., Picciau, M., Pinna, W. **Ulcerogenic risk assessment of diets for pigs in relation to gastric lesion prevalence.** BMC Veterinary Research. V.9, p.36–44. 2013.
- Carvalho N.M., Nakagawa J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- Chamone, J. M. A. et al. **Fisiologia digestiva de leitões.** Revista eletrônica Nutritime, v.7, n.5, p.1353-1363, 2010.

Chesson, A. **Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities.** World's Poultry Science Journal v.57, p.251-263. 2001.

Cromwell, G.L. et al. **Effects of additional feed during late gestation on reproductive performance of sows: a cooperative study.** Journal of Animal Science., v.67, p.3-14, 1989.

De Jong, J.A., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Woodworth, J.C., Allerson, M.W. **Evaluating pellet and meal feeding regimens on finishing pig performance, stomach morphology, and carcass characteristics.** Journal of Animal Science. v.94, p.4781–4788. 2016.

Delmaschio, I. B. **Enzimas na alimentação de animais monogástricos – Revisão de literatura.** Revista Científica de Medicina Veterinária v.2, p.06-20. 2018

Denardin, C. C.; Silva, L. P. da. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas.** Ciência. Rural, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945-954, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>.

Dong, G.Z.; Pluske, J.R. **The low feed intake in newly-weaned pigs: problems and possible solutions.** Journal of Animal Sciences, v.20, n. 3, p. 440-453, 2007.

EMBRAPA. **Interpig.** 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/custos/suino-uf>>. Acesso em: 20 julho. 2020.

Encyclopaedia Britannica. Ultimate reference suite. São Paulo, 1 CD-ROM. 2006. <https://www.britannica.com/plant/corn-plant>

Englyst, H.N. et al. 1992. **Classification and measurement of nutritionally important starch fractions.** European Journal of Clinical Nutrition. v. 46, p.33-50.

Englyst, H.N.; Hudson, G.J. **The Classification and Measurement of Dietary Carbohydrates.** Food Chemistry, v.57, p.15-21. 1996.

Englyst, K. N.; englyst, H. N. **Horizons in nutritional science: Carbohydrate bioavailability.** British Journal of Nutrition v. 94, p.1-11. 2005.

- 1 Esminger, M.E. **Processing effects**. In: Feed Manufacturing Technology III.
- 2 AFIA. Cap. 66. p. 529-533. 1985.
- 3 Freitas, B.V. **Utilização de complexo enzimático na dieta de leitões**.
- 4 Pirassununga, São Paulo, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo,
- 5 60p., 2011.
- 6 Freitas, D.M., et al. **Performance and nutrient utilization of broilers fed diets**
- 7 **supplemented with novel mono componente protease**. The Journal os
- 8 Applied Poultry Research, v.20, p.322-334. 2011.
- 9 HANCOCK, J. D. **Extrusion cooking of dietary ingredients for animal**
- 10 **feeding**. Contribution No. 92-316A. Kansas Agriculture Expansion Station. In:
- 11 Proceedings of Distillers Feed Conference. Cincinnati. Ohio. v.47, p.33, 1992.
- 12 Hancock, J.D., Behnke, K.C. **Use of ingredient and diet processing**
- 13 **technologies (grinding, mixing, pelleting, and extruding) to produce quality**
- 14 **feeds for pigs**. Lewis, A.J., Southern, L.L. (Eds.), Swine Nutrition. CRC Press,
- 15 Washington, DC, USA, p. 474–498. 2001.
- 16 Hannas, M.I.; Pupa, J.M.R. **Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a**
- 17 **crise na suinocultura**. Revista PorkWorld, Ano 2, n.13, p.48-51. 2003
- 18 Heo, J. M., Opapeju, F. O., Pluske, J. R., Kim, J. C., Hampson, D. J., & Nyachoti,
- 19 C. M. **Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of**
- 20 **feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed**
- 21 **antimicrobial compounds**. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,
- 22 v.97, n.2, p.207–237. 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01284.x>
- 23 Huang, Y. et al. **Diagnostic investigation of porcine periweaning failure-to-**
- 24 **thrive syndrome: lack of compelling evidence linking to common porcine**
- 25 **pathogens**. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation v.24, n.1, p.96–106,
- 26 2012.
- 27 Huang, Z. **Effects and mechanism of isoamylase additive on growth**
- 28 **performance in broilers**. Siliiao Gongye. V.35, p.1–5. 2014.
- 29 Jiang, Z., et al. **Effects of different levels of supplementary alpha-amylase**
- 30 **on digestive enzyme activities and pancreatic amylase mRNA expression**

of young broilers. Asian-Austral. Journal of Animal Sciences. V.21, p.97–102. 2008.

Lobo, A. R.; Silva, G. M. de L. **Amido resistente e suas propriedades físico-químicas.** Revista Nutritime, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-226, 2003.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52732003000200009>.

Medel, P. et al. **Heat processing of cereals in mash or pellet diets for young pigs.** Animal Feed Science and Technology, v.113, p.127-140. 2004

Moita, A. M. S. et al. **Exigência de proteína bruta de leitões de 12 a 28 dias de idade.** Revista Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, Viçosa, v. 23, n. 5, p. 792-801, set./out. 1994.

Molly, K. **Formulating to solve the intestinal puzzle.** Pig Progress, v. 17, p. 20-22, 2001.

Montoya, C.A., Leterme, P. **Effect of particle size on the digestible energy content of field pea (*Pisum sativum* L.) in growing pigs.** Animal Feed Science and Technology v.169, p. 113–120. 2011.

Nelson, D, L.; Cox, M. 2014. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**, 6 ed: Artmed, Porto Alegre.

Nery, V. L. H. et al. **Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 794-802. 2000.

Paes. M. C. D. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Circular técnica 75, on-line, Sete Lagoas, p. 1-6, dez, 2006. ISSN: 1679-1150. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>>

Acesso em: 20 julho de 2020.

Parker, R.; Ring, S.G. **Aspects of the physical chemistry of starch.** Journal of Cereal Science, v.34, p.1-17, 2001.

Piovesan, V.; Oliveira, V; Gewehr, C. E. **Milhos com diferentes texturas de endosperma e adição de alfa-amilase na dieta de leitões**. Ciência Rural, Santa Maria, v.41, n.11, p.2014-2019, nov, 2011.

Pluske, J.R.; Hampson, D.J.; Willians, I.H. **Factors influencing the structure and function of the small intestine in the weaned pig: a review**. Livestock Production Science, v.51, p. 215-236, 1997.

Riaz, M.N. **Extrusion processing of oilseed meals for food and feed production**. Shahidi, F. (Ed.), Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley & Sons, Ltd., Texas, USA, p. 1–34. 2020.

Rostagno, H. S. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais. (Tabelas brasileiras para aves e suínos)**. Viçosa, MG: UFV, 186p. 2017.

Saleh, F., A. Ohtsuka, and K. Hayashi. **Effect of dietary enzymes on the ileal digestibility and abdominal fat content in broilers**. Animal Science Journal v.76, p.475–478. 2005.

Santos, L. S., Mascarenhas, A. G., Oliveira, H. F. **Fisiologia digestiva e nutrição pós desmame em leitões**. Nutritime Revista Eletrônica, on-line, Viçosa, v.13, n.1, p.4570-4584, jan/fev, 2016. ISSN: 1983-9006. Disponível em: [https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/364 - 4570-4584 - _NRE_13-1_jan-fev_2016.pdf](https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/364_-_4570-4584_-_NRE_13-1_jan-fev_2016.pdf)>. Acesso em: 20 julho. 2020.

Schramm, V. G. et al. **Interaction between xylanase and phytase on the digestibility of corn and a corn/soy diet for broiler chickens** Poultry Science. 2017 May 1; v.96, n.5, p.1204-1211. 2017.

Silva, C. A. et al. **Fatores que afetam o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.51, n.10, p.1780-1788, 2016. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016001001780&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 11 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001000010>.

Silva, D. C. **Suplementação de alfa-amilase em rações de frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em ciência animal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz Das Almas – Bahia. 2018.

- 1 Sitanaka, N. Y. et. al. **Enzyme complex supplementation on the performance**
2 **of swine in growth and finishing phases** Revista Caatinga, Mossoró, v. 31, n.
3 3, p. 748 – 758. 2018.
- 4 Stefanello, C. **Utilização de mix de enzimas exógenas na alimentação de**
5 **frangos de corte**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade do Rio
6 Grande do Sul. Porto alegre. 2016.
- 7 Stefanello, C. et al. **Starch digestibility, energy utilization and growth**
8 **performance of broilers fed cornsoybean basal diets supplemented with**
9 **enzymes**. Poultry Science. v.94, p.2472–2479. 2015
- 10 Tester, R. F., J. Karkalas, and X. Qi. 2004. **Starch–Composition, fine structure**
11 **and architecture**. Journal of Cereal Science. V.39, p.151–165.
- 12 Trindade neto, M. A., et al. **Dietas para Leitões nas Fases de Creche e**
13 **Diferentes Idades ao Desmame**. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2,
14 p.687-695, 2002
- 15 Vente-Spreeuwenberg, M.A.M.; Verdonk, J.M.A.J.; Beynen, A.C. et al.
16 **Interrelationships between gut morphology and faeces consistency in**
17 **newly weaned piglets**. Animal Science, v.77, n.3, p.85-94, 2003.
- 18 Vukmirović, D. et al. **Importance of feed structure (particle size) and feed**
19 **form (mash vs. pellets) in pig nutrition – A review**. Animal Feed Science and
20 Technology v. 233, p.133–144. 2017.
- 21 Waldroup, P.W. **Particle Size of Cereal Grains and its Significance in Poultry**
22 **Nutrition. Technical Bulletin**. American Soybean Association. Singapore.
23 v.341997.
- 24 Wondra, K. J. et al. **Effects of mill type particle size uniformity on growth**
25 **performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing**
26 **pigs**. Journal of Animal Science. v.73, p.2564–2573. 1995.
27 doi:10.2527/1995.7392564x
- 28 Yang, J., et al. **Effect of different amylases on the utilization of cornstarch in**
29 **broiler chickens**. Poultry Science. V.96, p.1139-1148. 2017.

1 Yue, P.; Waring, S. **Resistant starch in food applications**. Cereal Food World,
2 v.43, n.9, p.690-695, 1998.

3 Zanutto, D.L.; Bellaver, C. **Método de determinação da granulometria de**
4 **ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Comunicado Técnico
5 EMBRAPA – Suíno e Aves. CT 215. p. 1-5. 1996.

6

7

CAPÍTULO II – EFEITOS DA AMILASE E DA GRANULOMETRIA DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA PARA LEITÕES EM FASE DE CRECHE.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do tamanho médio da partícula da dieta, da inclusão de amilase e possível interação entre os dois fatores, sobre a digestibilidade da dieta e o desempenho de leitões em fase de creche. Foram utilizados 352 leitões machos não castrados criados com idade entre 28 a 63 dias, distribuídos em blocos ao acaso considerando o peso inicial como fator de blocagem. As dietas foram divididas em duas fases, pré-inicial e inicial (dos 28 aos 42 dias e dos 43 aos 63 dias de idade respectivamente). Os tratamentos foram formados em esquema fatorial 2x2, sendo dois tamanhos médios de partícula da ração e a inclusão ou não de 80 KNU/kg de enzima amilase. O milho foi moído a fim de proporcionar a diminuição do diâmetro geométrico médio (DGM) da ração para obtenção dos dois DGMs testados: 339/588 µm e 696/920 µm (Valores referentes às fases pré-inicial e inicial, respectivamente). Todas as rações foram peletizadas e fornecidas à vontade. Foram avaliados o consumo diário de ração (CDR), ganho de peso médio diário (GPD) e conversão alimentar (CA). Avaliou-se, também coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). Não houve interação entre os fatores DGM da ração e o uso da amilase em nenhum dos períodos avaliados ($P>0,05$). No período dos 28 aos 42 dias de idade, os animais que consumiram dietas com DGM de 339 µm tiveram melhor de 1,8% na CA, porém não houve efeito sobre CDR e GPD ($P>0,05$). No período dos 43 aos 63 dias de idade os animais recebendo a dieta de 588 µm obtiveram menor CRD e GPD, sem efeito para CA ($P>0,05$). No período total, os animais que consumiram a dieta fina (339/588 µm) tiveram redução no CDR e no GPD, sem efeito para CA ($P>0,05$). Quanto ao uso da amilase, foi observado aumento no CDR e no GDP e melhora na CA no período pré-inicial. Não houve efeito do uso da amilase no período inicial para nenhuma das variáveis analisadas ($P>0,05$). No período total do experimento a amilase promoveu aumento no CDR e no GPD e melhora na CA.

1 . A redução do DGM aumentou a digestibilidade do EE ($P<0,05$) mas não
2 influenciou na MS, PB e ED ($P>0,05$). Já a adição de amilase aumentou a
3 digestibilidade da MS, PB, EE e ED ($P<0,05$). Conclui-se que, nas condições do
4 atual estudo, dietas com DGM de 339 μm melhora o desempenho dos animais
5 dos 28 aos 42 dias e para suínos dos 43 aos 63 dias o DGM de 920 μm
6 proporciona maior consumo de ração e ganho de peso. O DGM mais fino (588
7 μm) aumenta apenas a digestibilidade do EE. A suplementação de 80 KNU/kg
8 de amilase melhora o desempenho dos animais em fase de creche (28 aos 63
9 dias) e a digestibilidade aparente da dieta para MS, PB, EE e ED. Nas condições
10 do atual estudo, granulometrias de 696 μm na fase pré-inicial e 920 μm na fase
11 inicial melhoram o desempenho dos animais e a digestibilidade da ração, assim
12 como o uso de 80 KNU/kg de amilase nas dietas de suínos em fase de creche.

13 **Palavras-chave:** DGM, enzimas, nutrição suína.

1 ABSTRACT

2 The aim of the present study was to evaluate the effect of the diets average
 3 particle size, the inclusion of amylase and possible interaction between the two
 4 factors, on the diets digestibility and the piglets performance in the nursery phase.
 5 352 non-castrated male piglets bred aged 28 to 63 days were used, distributed
 6 in blocks at random considering the initial weight as a blocking factor. The diets
 7 were divided into two phases, pre-initial and initial (28 to 42 days and 43 to 63
 8 days of age respectively). The treatments were formed in a 2x2 factorial scheme,
 9 with two average diet particle sizes and the inclusion or not of 80 KNU / kg of
 10 amylase enzyme. Corn was ground in order to provide a decrease in the rations
 11 geometric mean diameter (DGM) to obtain the two tested DGMs: 339/588 μm
 12 and 696/920 μm (Values referring to the pre-initial and initial phases,
 13 respectively). All rations were pelleted and supplied at will. Daily feed intake
 14 (CDR), average daily weight gain (GPD) and feed conversion (AC) were
 15 evaluated. Apparent digestibility coefficients for dry matter (DM), crude protein
 16 (PB) and ether extract (EE) were also evaluated. There was no interaction
 17 between the diets DGM factors and the amylase use in any of the evaluated
 18 periods ($P > 0.05$). In the 28 to 42 days of age period, animals that consumed
 19 diets with DGM of 339 μm had an improvement of 1.8% in WC, but there was no
 20 effect on CDR and GPD ($P > 0.05$). From 43 to 63 days of age, the animals fed
 21 the 588 μm diet had lower CRD and GPD, with no effect for CA ($P > 0.05$). In the
 22 total period, the animals that consumed the fine diet (339/588 μm) had a reduction
 23 in CDR and GPD, with no effect for CA ($P > 0.05$). As for the amylase use, an
 24 increase in CDR was observed and in GDP and improvement in AC in the pre-
 25 initial period. There was no effect on amylase use in the initial period for any of
 26 the variables analyzed ($P > 0.05$). In the total period of the experiment, amylase
 27 promoted an increase in CDR and GPD and an improvement in CA. The DGM
 28 reduction increased the EE digestibility ($P < 0.05$) but did not influence the DM, CP
 29 and ED ($P > 0.05$). The addition of amylase increased the digestibility of DM, PB,
 30 EE and ED ($P < 0.05$). It is concluded that, under the conditions of the current
 31 study, diets with 339 μm DGM improves the performance of animals from 28 to
 32 42 days, and for pigs from 43 to 63 days the 920 μm DGM provides greater feed
 33 consumption and weight gain. The thinner DGM (588 μm) only increases EE
 34 digestibility. The supplementation of 80 KNU/kg of amylase improves the
 35 performance of animals in the nursery phase (28 to 63 days) and the apparent
 36 digestibility of the diet for DM, CP, EE and ED. Under the conditions of the current
 37 study, granulometries of 696 μm in the pre-initial phase and 920 μm in the initial
 38 phase improve the performance of the animals and the feeds digestibility, as well

- 1 as the use of 80 KNU / kg of amylase in the diets of nursery pigs .**Keywords:**
- 2 DGM, enzymes, swine nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O principal custo produtivo da suinocultura é a alimentação, podendo ultrapassar 70% dos custos de produção (Embrapa, 2019), principalmente na fase de creche em que são usados ingredientes de melhor qualidade para que o leitão consiga se adaptar ao novo ambiente e condições de manejo sem prejuízo ao seu desempenho futuro. Devido a este alto impacto no preço final da dieta dos animais, é importante maximizar o aproveitamento da ração. Uma das maneiras de se alcançar este resultado pode ser a alteração da granulometria da dieta.

A redução no tamanho das partículas da dieta aumenta a superfície de contato do ingrediente facilitando a ação enzimática e, por consequência, melhorando a digestibilidade dos componentes nutricionais da ração e a conversão alimentar da dieta em suínos (Rojas e Stein, 2015). Entretanto, esta melhora no desempenho e digestibilidade depende dos ingredientes empregados, da forma física da ração e a da fase de vida do animal. Segundo Almeida et al. (2020), dietas peletizadas com DGM de 534 μm são ideais para suínos com idade entre 28 e 42 dias, enquanto que, para animais com idade entre 43 e 63 dias o aumento do tamanho de partícula promove aumento linear do consumo de ração diário (CRD). Para leitões nas primeiras semanas de creche, há aumento do ganho de peso diário (GPD) e redução na conversão alimentar (CA) com a redução do tamanho de partícula de 900 μm para 300 μm (Healy et al. 1991). Em dietas fareladas, suínos alimentados com dietas com granulometrias de 400 μm consumiram menos ração quando comparados com suínos consumindo dietas com granulometrias de 800 μm , porém tais efeitos não foram observados em dietas peletizadas (Nemechek et al., 2016).

Além dos efeitos para digestibilidade e desempenho reportados, moagens mais finas melhora a uniformidade da mistura dos ingredientes, facilita a peletização e promoverem peletes mais resistentes (Waldroup, 1997).

Outra forma de potencializar o uso das dietas seria a adição de enzimas, com finalidade de complementar quantitativamente as enzimas digestivas endógenas (Campestrini et al., 2005). Uma enzima que tem baixa produção nas primeiras semanas de vida do leitão é a amilase pancreática (Delmaschio, 2018), comprometendo a digestão de amido nesta fase. O amido é o principal

1 componente energético da dieta de suínos, pois compõe cerca de 70% do milho,
2 que tem uma inclusão relativamente alta na formulação de dietas para leitões
3 (Cruz e Rufino, 2017). Segundo Garcia et al. (2003) a suplementação de amilase
4 em dietas a base de milho e soja melhora o desempenho de frangos e aumenta
5 a digestibilidade da energia metabolizável, sugerindo aumento da atividade da
6 amilase pancreática. Quando adicionada amilase na dieta de frangos de corte
7 pode haver melhora na digestibilidade do amido, aumentando a digestibilidade
8 da energia bruta e nitrogênio (Amerah et al., 2016).

9 O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da granulometria do milho, da
10 amilase e da possível interação entre estes fatores sobre a digestibilidade
11 aparente da dieta e o desempenho de suínos em fase de creche, dos 28 aos 63
12 dias de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido seguindo padrões e normas vigentes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), sendo aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), do setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

2.1. Animais e alojamento

Foram utilizados 352 suínos machos não castrados, desmamados aos 21 dias de idade ($5,95 \pm 0,94\text{kg}$), de linhagem comercial PIC®, criados dos 21 aos 63 dias de idade, denominado período de creche. Os primeiros sete dias foram destinados à adaptação dos animais e todos eles receberam a mesma dieta peletizada. Já o teste com as dietas experimentais teve início aos 28 dias de idade dos animais, quando eles estavam com peso médio de $7,08 \pm 1,09\text{ kg}$.

Os leitões foram alojados em baias de 11 animais cada ($0,33\text{m}^2/\text{por animal}$), com piso parcialmente vazado, bebedouro tipo chupeta, e ração fornecida à vontade em comedouro tipo calha. O controle da temperatura foi feito por meio de abertura e fechamento de cortinas.

2.2. Dietas experimentais

As dietas foram formuladas para atender às exigências nutricionais dos animais (Tabela 1), sendo divididas em 2 fases: pré-inicial, dos 28 aos 42 dias; e inicial, dos 43 aos 63 dias de idade. Os tratamentos foram formados em esquema fatorial 2×2 , sendo avaliados dois diâmetros geométricos médios (DGM) de partículas da ração e a adição ou não da enzima amilase. Para atingir o DGM desejado da dieta, o milho foi moído em moinho do tipo martelo (KW 350 – Kepler Weber), com peneiras distintas de 2,5mm chegando ao DGM de $339/588\text{ }\mu\text{m}$ na dieta (fase pré-inicial/fase inicial), e 8,0mm chegando ao DGM de $696/920\text{ }\mu\text{m}$ na dieta (fase pré-inicial/fase inicial).

Tabela 1 - Composição e formulação das dietas experimentais (g/kg).

Ingredientes	Pré-inicial	Inicial
Milho	299,60	560,70
Farelo de soja	190,00	255,00
Soro de leite	137,70	-
Quirera de arroz	120,00	-

Farelo de bolacha	70,00	50,00
Farinha de carne e ossos	50,00	50,00
Gordura de frango	35,90	25,30
Plasma sanguíneo	30,0	-
Concentrado de proteína de soja	20,3	-
Fosfato monocálcico	14,5	4,0
Premix ^a	9,25	12,19
Sulfato de lisina	6,13	6,34
Calcário calcítico	4,62	8,25
Ácidos orgânicos	3,84	3,85
Metionina	2,23	1,87
Sal granulado ionizado	2,18	3,94
Treonina	1,56	1,72
Sulfato de cobre	0,80	0,80
Triptofano	0,61	0,57
Cloreto de colina	0,52	0,39
Ronozyme A ^c	0,133	0,133
Ácidos graxos de soja	-	15,00
Celite ^b	-	5,0
Composição (g/kg)		
Energia metabolizável, Mcal/kg	3,45	3,4
Extrato etéreo	69,80	73,70
Proteína bruta total	220,2	202,9
Lactose	100,0	-
Lisina total	16,11	13,88
Metionina total	5,49	4,93
Metionina + Cisteína total	9,50	8,15
Treonina total	10,59	9,13
Triptofano total	3,29	2,82
Cálcio total	7,50	7,20
Fósforo total	7,10	5,40

^aPremix fornece as seguintes quantidades por kg da dieta: Fe, 77.6 mg; Cu, 11.6 mg; Mn, 67.9 mg; Zn, 97.0 mg; I, 0.97 mg; Se, 0.31 mg; vitamina A, 11,250 UI; vitamina D3, 2250 UI; vitamina E, 22.5 UI; vitamina K3, 2.0 mg; vitamina B1, 1.75 mg; vitamina B2, 5.0 mg; vitamina B6, 1.75 mg; vitamina B12, 22.5 mcg; niacina, 37.5 mg; Ácido pantotênico, 20.0 mg; Ácido fólico, 0.5 mg; biotina, 0.125 mg.

^b Indicador externo indigestível (Celite Hyflo; Imerys, Arica, Chile).

^c Foi adicionada 80 KNU/kg de amilase na dieta.

Posteriormente, as rações foram homogeneizadas e adicionada a enzima amilase termotolerante (133g/ton; RONOZYME® HiStarch, NOVOZYMES) em dois tratamentos com DGMs distintos. A enzima utilizada foi a α -Amylase (IUB No. 3.2.1.1) produzida pela fermentação de *Bacillus licheniformis* modificados

1 geneticamente, sendo sua atividade mínima de 600 unidades kilo-novo (KNU)
2 por grama.

3 Ao final, foram compostos quatro tratamentos: DGM fino (339/588 μ m) da
4 ração sem adição de amilase; DGM fino (339/588 μ m) da ração com adição de
5 amilase; DGM grosso (696/920 μ m) da ração sem adição de amilase; DGM
6 grosso (696/920 μ m) da ração com adição de amilase.

7 Antes da peletização, cerca de 500g de cada dieta, de cada fase foram
8 coletados para determinação do diâmetro geométrico médio (DGM) e desvio
9 padrão geométrico (DPG), de acordo com a metodologia descrita por Zanotto e
10 Bellaver (1996). As amostras foram passadas por um conjunto de 7 peneiras
11 empilhadas com diâmetros distintos (4,0, 2,02, 1,2, 0,6, 0,3, 0,15 e 0,0 mm), com
12 agitação durante 10 minutos. A quantidade retida em cada peneira foi usada para
13 determinação do DGM e do DPG (Tabela 2).

14 As dietas experimentais foram peletizadas utilizando uma peletizadora a
15 vapor (Bühler – DFPC-L), com motor de 200 CV e matriz com furos de 2,5/15
16 mm (diâmetro/relação de espessura efetiva). O tempo de condicionamento foi de
17 7 segundos com temperatura de 50 a 60°C e pressão de 1,2kgf/cm². Após o
18 processo, as dietas foram secas e resfriadas até atingirem a temperatura de
19 32°C.

20 Após a peletização, uma amostra de 500g de cada uma das dietas de
21 cada fase foi coletada, pesada, e peneirada usando peneiras de 2mm (Tyler
22 no.10, Telastem Peneiras para Análises LTDA). A porcentagem de finos foi
23 expressa pela porcentagem de grãos não retidos na peneira em relação ao peso
24 inicial (Tabela 2).

25 O índice de durabilidade dos peletes (PDI) foi avaliado usando
26 Durabilímetro (RA Eletromecânica, Santa Helena, Brazil) para determinação do
27 mesmo. Aproximadamente 500g dos peletes retidos nas peneiras durante a
28 etapa anterior, foram usados no durabilímetro para o teste de PDI. As amostras
29 foram submetidas a 50 rotações por minuto (RPM) durante 10 minutos e
30 novamente peneiradas. O PDI foi calculado dividindo o peso pós peneiração pelo
31 peso original, multiplicado por 100 e expresso em porcentagem, de acordo com
32 a metodologia descrita por Ensminger (1985) (Tabela 2).

Tabela 2 – Diâmetro geométrico médio (DGM), diâmetro padrão geométrico (DPG), índice de durabilidade de peletes (PDI) e porcentagem de finos das rações de acordo com a peneira utilizada para moagem do milho.

Peneiras	DGM, μm	DPG, %	PDI, %	% FINOS
Pré – Inicial, 28 a 42 dias de idade				
2,5 mm	339	2,60	97,34	0,46
8 mm	695	2,82	95,09	1,48
Inicial, 43 a 63 dias de idade				
2,5 mm	588	1,86	84,08	3,32
8 mm	919	2,13	76,76	3,66

2.3. Desempenho zootécnico e digestibilidade

Para avaliação do desempenho os animais foram pesados aos 28, 42 e 63 dias de idade, para determinação do peso médio e do ganho de peso médio diário (GPD). Toda ração fornecida e as sobras foram pesadas para determinar o consumo diário de ração (CDR), e conversão alimentar (CA). Foi adicionado um indicador externo indigestível (Celite Hyflo; Imerys, Arica, Chile) na ração da fase inicial para avaliação da digestibilidade dos nutrientes.

Para determinação da digestibilidade, entre os 49 e os 53 dias de idade, foram coletadas as fezes, homogeneizadas e congeladas. Posteriormente as fezes foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada à 55°C. Foram feitas análises de matéria seca (MS, método 934.01), proteína bruta (PB, método 954.01) e extrato etéreo (EE, método 945.16) segundo a AOAC (1995). A energia bruta foi determinada por bomba calorimétrica (Ika Werke C2000 Control Oxygen Bomb Calorimeter, Ika-Werke GmbH&Co, Staufen, Germany).

Para o cálculo da digestibilidade, foi feita determinação de cinza insolúvel em ácido (CIA), usando método descrito por Van Keulen e Young (1977). Para os cálculos de digestibilidade aparente foram usadas as seguintes equações.

$$FI = \frac{[CIA \text{ dieta}]}{[CIA \text{ fezes}]}$$

Onde:

FI – Fator de indigestibilidade; CIA – Cinza insolúvel em ácido

$$1 \quad \text{CDA} = \frac{([\text{Componente na dieta}] - [\text{componente nas fezes} * \text{FI}])}{[\text{Componente na dieta}]}$$

2 Onde:

3 FI – Fator de indigestibilidade; CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente (foi
4 calculado para PB e MS).

5 E para o cálculo de energia digestível a seguinte equação:

$$6 \quad \text{ED} = \text{EB na dieta} - (\text{EB nas fezes} * \text{FI})$$

7 Onde:

8 FI – Fator de indigestibilidade; ED – Energia digestível; EB – Energia bruta.
9

10 **2.4. Delineamento experimental e análise estatística.**

11 O peso inicial dos leitões foi utilizado para formação de blocos totalmente
12 casualizados em esquema fatorial 2x2, sendo dois tamanhos médios de
13 partículas das dietas (DGM) e adição ou não de amilase, formando quatro
14 tratamentos, com 8 repetições de 11 animais cada. A baia foi considerada a
15 unidade experimental. Os dados obtidos foram primeiramente analisados quanto
16 a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Posteriormente, os dados foram
17 submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância.
18 Todos os dados foram analisados utilizando o Software Minitab® 18 (Minitab,
19 Inc., State College, PA, USA).

20

21

3. RESULTADOS

Não houve interação entre granulometria da dieta (DGM) e adição da enzima amilase sobre nenhum dos parâmetros de desempenho avaliados nas fases pré-inicial, de 28 a 42 dias, e inicial, de 42 a 63 dias, assim como no período total de experimento ($P>0,05$). O DGM mais fino (339/588 μm) promoveu melhor CA na fase pré-inicial ($P<0,01$), menor CRD e GPD no período inicial e total ($P<0,01$), sem afetar a CA nesses mesmos períodos ($P>0,05$).

Já o uso da amilase exógena promoveu um maior CRD e GPD dos animais, e a melhora da CA ($P<0,05$) no período pré-inicial. Porém não houve efeito para os parâmetros de desempenho ($P>0,05$) no período inicial. No período total a amilase também se mostra eficiente em aumentar o CRD e GPD e melhorar a CA ($P<0,01$). Os efeitos do DGM e da adição de amilase sobre o desempenho zootécnico dos leitões podem ser vistos na tabela 3.

Tabela 3 - Consumo de ração diário (CRD), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA) de suínos na fase pré-inicial (28 aos 42 dias de idade), inicial (42 aos 63 dias de idade) e no período total de creche, alimentados com dietas peletizadas de diferentes granulometrias (DGM) e adição ou não de amilase (AMI).

DGM (μm)	AMI	CRD	GPD	CA	CRD	GPD	CA	CRD	GPD	CA
		28 a 42 dias			43 a 63 dias			28 a 63 dias		
339/588*	SEM	337	273	1,234	0,745	0,587	1,271	0,571	0,453	1,260
	COM	393	324	1,215	0,752	0,595	1,265	0,598	0,479	1,250
696/920*	SEM	373	298	1,254	0,791	0,617	1,282	0,612	0,481	1,273
	COM	398	322	1,240	0,797	0,631	1,263	0,627	0,499	1,255
DGM da ração										
339/588*		365	299	1,224	748	591	1,268	584	466	1,255
696/920*		386	311	1,247	794	624	1,272	619	490	1,264
AMILASE										
SEM		355	286	1,244	768	602	1,276	591	467	1,267
COM		396	324	1,228	774	613	1,264	612	489	1,253
P DGM		0,09	0,25	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,54	< 0,01	< 0,01	0,09
P AMI		< 0,01	< 0,01	0,03	0,59	0,30	0,09	< 0,01	< 0,01	0,01
P DGM*AMI		0,20	0,20	0,73	0,97	0,76	0,36	0,36	0,55	0,53
EP MÉDIA		0,013	0,011	0,005	0,008	0,007	0,004	0,009	0,007	0,003

*Valores de granulometria (DGM) para fase pré-inicial e inicial respectivamente.

EPM: Erro padrão da média

Não houve efeito da interação entre DGM e adição de amilase à dieta ($P>0,05$) sobre a digestibilidade aparente da MS, PB, EE e ED. O DGM apenas

influenciou a digestibilidade aparente do EE ($P<0,01$), sendo que o DGM mais fino (588 μm) apresentou maior digestibilidade. A adição da amilase aumentou ($P<0,01$) a digestibilidade aparente da MS, PB, EE e ED da dieta (Tabela 4).

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA; %) da matéria seca (MS) proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e energia digestível (ED) de suínos consumindo dieta inicial (42 aos 63 dias de idade) com diferentes granulometrias da dieta (DGM) e adição ou não de amilase (AMI).

DGM (μm)	AMI	CDA %			
		MS	PB	EE	ED
588	SEM	84,67	80,61	75,45	3973
	COM	87,16	83,92	78,47	4095
920	SEM	84,21	79,53	71,90	3970
	COM	85,99	83,82	75,32	4029
DGM					
588		86,05	82,37	77,09	4043
920		85,17	81,85	73,79	4001
AMILASE					
	SEM	84,44	80,09	73,86	3972
	COM	86,60	83,87	77,04	4065
P DGM		0,12	0,52	<0,01	0,13
P AMI		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
P DGM*AMI		0,36	0,61	0,68	0,15
EPM		0,383	0,541	0,858	20,00

EPM: Erro padrão da média

4. DISCUSSÃO

A ausência de interação entre o DGM e a inclusão de amilase, aliada aos resultados observados para os dois efeitos separadamente, mostram que a amilase é mais eficiente em melhorar desempenho zootécnico e digestibilidade aparente que o DGM, melhorando esses parâmetros tanto em DGMs mais finos quanto nos mais grossos neste experimento. Além disso, Gao et al. (2020) mostraram em seu trabalho avaliando o efeito do DGM do milho da dieta sobre a digestibilidade aparente de nutrientes e atividade de enzimas digestivas que o DGM não afeta a atividade das enzimas digestivas, o que vai de encontro aos

1 achados do atual trabalho. Gao et al. (2020) explicam que essa falta de
2 efeito se deve ao fato de que a diferença entre os DGMs avaliados não foi
3 suficiente para aumentar ou diminuir a quantidade de enzimas produzidas,
4 essa diferença deveria ser maior do que 400 μm , o que também não
5 aconteceu no atual trabalho. Outro fator apontado como possível causa
6 pelos autores acima citados é o fato de que a secreção de enzimas está
7 mais ligada à concentração do substrato na dieta.

8 No período pré-inicial o CRD e o GPD podem não ter sido diferentes
9 entre os diferentes DGMs por se tratar de um período ainda crítico e de
10 adaptação para os leitões, em que eles estão passando pela “Síndrome
11 do pós-desmame” (Barba-Vidal et al., 2018; Escribano et al., 2019)
12 podendo sofrer com uma queda no consumo de ração (Santos et al.,
13 2016). Neste período eles ainda estão se adaptando a uma dieta seca,
14 pois durante a lactação o contato com a ração seca ainda é muito baixo,
15 mas, pelos dados de ganho de peso e consumo de ração observados no
16 atual trabalho para o DGM mais alto a partir do período inicial, o
17 desempenho dos leitões melhorou com o tempo.

18 Dietas mais finas, com menor DGM, têm maior digestibilidade em
19 suínos, por terem uma área superficial maior, mais susceptível à ação das
20 enzimas digestíveis (Wondra et al., 1995; Nemechek et al., 2016;
21 Vukmirović et al., 2017; Lyu et al., 2020). Porém, nos achados do trabalho
22 atual, este efeito foi observado apenas para extrato etéreo, que foi mais
23 digestível com um menor DGM da dieta, semelhante ao trabalho de Lyu
24 et al. (2020) que, trabalhando com dieta peletizada, observaram um
25 aumento linear da digestibilidade aparente do extrato etéreo conforme se
26 diminuía o DGM da dieta.

27 É importante levar em consideração que o processo de peletização
28 promove a moagem dos ingredientes que estão sendo peletizados
29 (Nemechek et al., 2016), e pelos dados de PDI e DPG próximos para os
30 dois DGMs do atual trabalho, este efeito pode ter ocorrido, principalmente
31 na fase pré inicial, o que pode interferir nos resultados quando se compara
32 os dois DGMs avaliados.

33 Santos et al. (2016) mostram que logo após o desmame os leitões
34 passam por uma redução na produção de lipase pancreática por conta da

1 diminuição de lipídeos presentes na dieta, pois a lipase é produzida por
2 meio de estímulo da presença do substrato. Com o DGM mais fino, a
3 menor concentração de lipase pode ter uma maior facilidade em degradar
4 a porção lipídica da ração, como pode ter acontecido neste experimento.

5 No trabalho acima citado, os autores também mostram que as vilosidades
6 intestinais sofrem uma drástica diminuição de sua área após o desmame,
7 fazendo com que a absorção de nutrientes seja prejudicada, afetando também
8 seu desempenho zootécnico (Santos et al. 2016), motivo pelo qual os leitões
9 podem não ter apresentado diferença entre os DGMs para digestibilidade da
10 maioria dos nutrientes e no consumo de ração e ganho de peso na fase pré-
11 inicial, além do menor DGM ter se mostrado menos eficiente em melhorar o
12 desempenho dos leitões mesmo sendo teoricamente mais digestível segundo
13 Vukmirović et al. (2017).

14 Mavromichalis et al. (2000) levantaram uma questão importante sobre a
15 moagem fina, característica de DGMs mais baixos. Esse tipo de moagem pode
16 romper a aleurona, proteína presente no endosperma de sementes como o
17 milho, que pode tornar alguns nutrientes indisponíveis para a digestão, o que
18 também pode explicar o menor desempenho dos leitões que consumiram ração
19 com o DGM mais fino na fase inicial. Outro ponto sobre a moagem fina foi
20 levantado por Kiarie e Mills (2019), eles relatam que a moagem muito fina não é
21 desejável pois a longo prazo pode causar desordens no trato gastrointestinal
22 como a úlcera gástrica, causada por alta acidificação do estômago, e essa
23 condição também pode prejudicar o desempenho dos animais posteriormente.

24 Apesar dos demais nutrientes não terem se mostrado diferentes
25 entre o DGM mais fino (339/588 μm) e mais grosso (696/920 μm) na
26 digestibilidade aparente, o EE mais digestível no DGM 339/588 μm já pode
27 ter sido suficiente para melhorar a CA no período pré-inicial, o que pode
28 estar associado à contribuição do milho à dieta, pois, de acordo com Lyu
29 et al. (2020), o milho é a fonte de energia mais importante da dieta de
30 suínos, sendo responsável por até 70% de sua energia, e o incremento
31 na digestibilidade de seus nutrientes pode ter um efeito mais evidente
32 devido a esse fator.

33 Já a amilase, enzima endógena responsável pela digestão do
34 amido, tem sua concentração no trato gastrointestinal de leitões

1 aumentada conforme o animal vai ficando mais velho, inverso ao que
2 acontece com a lactase, até porque no início da vida a amilase e as
3 enzimas utilizadas para digerir os dissacarídeos formados pelo amido não
4 são naturalmente requeridas em grandes quantidades pelo animal pelo
5 perfil do leite que não apresenta a molécula do amido (Santos et al., 2016;
6 Zhang et al., 2018). Essa característica faz com que a digestão das dietas
7 seja prejudicada nas primeiras fases da vida dos leitões, podendo atrasar
8 seu desenvolvimento em um sistema de produção intensivo, como é a
9 maioria da produção de suínos atualmente (ABPA, 2019).

10 A partir disso a adição de amilase nas dietas destinadas a suínos é
11 cada vez mais comum, para aumentar a capacidade do animal de
12 absorção de carboidratos amiláceos, muito presentes em ingredientes
13 como o milho. Sua eficiência já é vista em muitos trabalhos que avaliam
14 sua utilização (Ravindran e Son, 2011; Brameld e Parr, 2016; Park et al,
15 2020), e o mesmo efeito foi observado neste experimento, pois aumentou
16 a digestibilidade aparente de todos os nutrientes analisados, aumentou o
17 ganho de peso e o consumo de ração no período pré-inicial e total, bem
18 como diminuiu a conversão alimentar no mesmo período.

19 A amilase ter tido efeito sobre o desempenho zootécnico dos leitões
20 na fase pré-inicial e não ter mostrado o mesmo efeito na fase inicial pode
21 se dever ao fato citado de que a fase pré-inicial é mais crítica para os
22 leitões (Barba-Vidal et al., 2018; Escribano et al., 2019), possibilitando
23 uma maior margem para efeito da amilase. Na fase inicial a produção de
24 amilase endógena já é aumentada e o trato do leitão já está mais adaptado
25 ao consumo de dieta seca (Santos et al. 2016), então pode ter sido este
26 o motivo pelo qual a amilase não teve efeito sobre o desempenho dos
27 leitões neste período.

28 29 **5. CONCLUSÃO**

30 Nas condições do atual trabalho, as granulometrias de 696 µm na fase pré-
31 inicial e 920µm na fase inicial foi melhor para o desempenho dos animais, assim
32 como a suplementação de 133g/ton de amilase na fase de creche.

1 A digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e
2 energia digestível é incrementada com a suplementação de amilase em
3 133g/ton, entretanto o DGM mais fino (588 μm) só melhora a digestibilidade do
4 extrato etéreo para suínos em fase de creche.

5

6

7

REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação Brasileira de Produção Animal. **Relatório anual**. 2019. Relatório técnico.
- Almeida, L. M.; Zavelinski, V. A. B.; Sonálio, K. C.; Silva, K. F.; Muramatsu, K.; Maiorka, A. **Effect of feed particle size in pelleted diets on growth performance and digestibility of weaning piglets**. Livestock Science. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104364>
- Amerah, A.M.; Romero, L. F.; Awati, A.; Ravindran, V. **Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets**. Poultry Science v.96, p.807–816. 2016.
- AOAC International. **Official and tentative methods of analysis**. 16th ed. Arlington, Virginia, 1995.
- Barba-Vidal, E.; Martín-Orúe, S. M.; Castillejos, L. **Review: Are we using probiotics correctly in post-weaning piglets?**. Animal. v.12, n.12, p.2489-2498, 2018.
- Brameld, J.M.; Parr, T. **Improving efficiency in meat production**. Proceedings of the Nutrition Society. v.75, p.242-246, 2016.
- Campestrini, E.; Silva, V.T.M; Appelt, M.D. **Utilização de enzimas na alimentação animal**. Revista Eletrônica Nutritime v.2, n.6, p.259-272. 2005.
- Cappai, M.G., Picciau, M., Pinna, W. **Ulcerogenic risk assessment of diets for pigs in relation to gastric lesion prevalence**. BMC Veterinary Research. V.9, p.36–44. 2013.
- Cruz, F.G.G.;Rufino, J.P.F. **Formulação e fabricação de rações: Aves, suínos e peixes**. Manaus. EDUA: Editora da universidade federal do amazonas. 2017. <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/nutricao/livros/FORMULACAO%20E%20FABRICACAO%20DE%20RACOES%20AVES%20SUINOS%20E%20PEIXES.pdf>

- 1 Delmaschio, I. B. **Enzimas na alimentação de animais monogástricos –**
2 **Revisão de literatura.** Revista Científica de Medicina Veterinária v.2, p.06-20.
3 2018.
- 4 Ensminger, M.E. **Processing effects,** in: Mcellhiney, R.R. (Ed.), **Feed**
5 **Manufacturing Technology III.** American Feed Industry Association, Arlington,
6 p. 529–533. 1985.
- 7 Escribano, D.; Ko, H.; Chong, Q.; Llonch, L.; Manteca, X.; Llonch, P. **Salivary**
8 **biomarkers to monitor stress due to aggression after weaning in piglets.**
9 **Research in Veterinary Science.** v. 123, p. 178-183, 2019.
- 10 Gao, Q.; Zhao, F.; Dang, F.; Zhang, H.; Wang, Y. **Effect of Corn Particle Size**
11 **on the Particle Size of Intestinal Digesta or Feces and Nutrient Digestibility**
12 **of Corn–Soybean Meal Diets for Growing Pigs.** Animals. v.10, 10p, 2020.
- 13 Healy, B.J., Bramel-Cox, P.J., Kennedy, G.A., Hancock, J.D., Behnke, K.C.,
14 1991. **Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum grain for**
15 **nursery pigs and broiler chicks.** Kansas Agricultural Experiment Station
16 **Research Reports.** v.0, p.56–62. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6331>.
- 17 Kiarie, E. G.; Mills, A. **Role of Feed Processing on Gut Health and Function**
18 **in Pigs and Poultry: Conundrum of Optimal Particle Size and Hydrothermal**
19 **Regimens.** Frontiers in Veterinary Science, v.6, n.19, 13p. 2019.
20 <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00019>
- 21 Lyu, Z.; Wang, L.; Wu, Y.; Huang, C. **Effects of particle size and lipid form of**
22 **corn on energy and nutrient digestibility in diets for growing pigs.** Asian-
23 **Australasian Journal of Animal Science,** v.33, n. 2, p.286-293, 2020.
- 24 Mavromichalis, I.; Hancock, J. D.; Senne, B. W.; Gugle, T. L.; Kennedy, G. A.;
25 Hines, R. H.; Wyatt, C. L. **Enzyme supplementation and particle size of wheat**
26 **in diets for nursery and finishing pigs.** American Society of Animal Science.
27 v.78, p.3086-3095, 2000.
- 28 Minitab® 18.1. State College, PA, USA. Minitab, Inc., 2017.
29 <https://www.minitab.com/pt-br/>

- 1 Nemechek, J.E.; Tokacha, M.D.; Dritz, S.S.; Goodbanda, R.D.; DeRoucheya,
2 J.M.; Woodworth, J.C. **Effects of diet form and corn particle size on growth**
3 **performance and carcass characteristics of finishing pigs**. Animal Feed
4 Science and Technology. v.214, p.136-141, 2016.
- 5 Nery, V. L. H.; Lima, J. A. F.; Melo, R. C. A.; Fialho, E. T. **Adição de enzimas**
6 **exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso**. Revista Brasileira de
7 Zootecnia, Brasília, v. 29, n. 3, p. 794-802, 2000.
- 8 Park, S.; Li, W.; St-Pierre, B.; Wang, Q.; Woyengo, T. A. **Growth performance,**
9 **nutrient digestibility and fecal microbial composition of weaned pigs fed**
10 **multi-enzyme supplemented diets**. Journal of Animal Science. v.98, n.10, p.1-
11 10, 2020.
- 12 Ravindran, V.; Son, J. **Feed Enzyme Technology: Present Status and Future**
13 **Developments**. Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture, v. 3, p. 102-
14 109, 2011.
- 15 Rojas, O.J., Liu, Y., Stein, H.H. **Effects of particle size of yellow dent corn on**
16 **physical characteristics of diets and growth performance and carcass**
17 **characteristics of growing–finishing pigs**. Journal of Animal Science. v.94, p.
18 619-628. 2016.
- 19 Rojas, O.J., Stein, H.H. **Effects of reducing the particle size of corn grain on**
20 **the concentration of digestible and metabolizable energy and on**
21 **thedigestibility of energy and nutrients in corn grain fed to growing pigs**.
22 Livestock Science v.181, p.187–193. 2015.
- 23 Santos, L. S.; Mascarenhas, A. G.; Oliveira, H.F. **Fisiologia digestiva e nutrição**
24 **pós desmame em leitões**. Nutri-Time, v.13, n.01, p. 4570-4584, 2016.
- 25 Van, K., Young, B.A. **Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in**
26 **ruminant digestibility studies**. Journal of Animal Science. v.44, p. 282-287.
27 1977. <https://doi.org.10.2527/jas1977.442282x>.
- 28 Vukmirović, D.; Čolović, R.; Rakita, S.; Brlek, T.; Đuragić, O.; Solà-Oriol, D.
29 **Importance of feed structure (particle size) and feed form (mash vs. pellets)**
30 **in pig nutrition – A review**. Animal Feed Science and Technology, v.233, p.133-
31 144. 2017.

1 Waldroup, P.W. **Particle Size of Cereal Grains and its Significance in Poultry**
2 **Nutrition. Technical Bulletin.**, American Soybean Association. Singapore. v.34
3 1997.

4 Wondra, K.J.; Hancock, J. D.; Behnke, K. C.; Hines, R. H.; Stark, C. R. **Effects**
5 **of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility,**
6 **and stomach morphology in finishing pigs.** Journal of Animal Science. v.73,
7 p.757–763. 1995. <https://doi.org/10.2527/1995.733757x>

8 Zhang, S.; Chen, F.; Zhang, Y.; Lv, Y.; Heng, J.; Min, T.; Li, L.; Guan, W. **Recent**
9 **progress of porcine milk components and mammary gland function.** Journal
10 of Animal Science and Biotechnology, China. v. 77, n. 9, 13p, 2018.

11 Zanotto, D.L.; Bellaver, C., **Método de determinação da granulometria de**
12 **ingredientes para uso em rações de suínos e aves.** Embrapa Comun. Técnico
13 5p., 1996.

14

15

16

ANEXO 1



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

ATA Nº112021

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ZOOTECNIA

No dia trinta e um de março de dois mil e vinte e um às 13:30 horas, na sala Microsoft Teams, Remoto, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação da mestranda LETÍCIA DZIERVA, intitulada: **EFEITOS DA AMILASE E DO TAMANHO DE PARTICULAS DO MILHO SOBRE O DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE DA DIETA EM LEITÕES**, sob orientação do Prof. Dr. ALEX MAIORKA. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: ALEX MAIORKA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), FABIANO DAHLKE (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA), ANANDA PORTELLA FÉLIX (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, ALEX MAIORKA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

CURITIBA, 31 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica

06/05/2021 18:53:55.0

ALEX MAIORKA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

07/05/2021 08:57:21.0

FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

06/05/2021 16:18:58.0

ANANDA PORTELLA FÉLIX

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5661 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 90916

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 90916